

**LA EMISIÓN DE CO₂ Y SU PROBLEMÁTICA
COMUNITARIA. UN MÉTODO DE ESTIMACIÓN
GENERAL***

*Vicente Antón Valero
Andrés de Bustos Guadaño*

SGPS-95005

MAYO 1995

*Este trabajo es una versión actualizada y ampliada del publicado con el mismo título y con número SGPS-92007.

Los Documentos de Trabajo de la Dirección General de Planificación no representan opiniones oficiales del Ministerio de Economía y Hacienda. Los análisis, opiniones y conclusiones aquí expuestos son los de los autores, con los que no tiene que coincidir, necesariamente, la Dirección General de Planificación. La Dirección General de Planificación considera, sin embargo, interesante la difusión del trabajo para que los comentarios y críticas que suscite contribuyan a mejorar su calidad.

**LA EMISIÓN DE CO₂ Y SU PROBLEMÁTICA
COMUNITARIA. UN MÉTODO DE ESTIMACIÓN
GENERAL***

*Vicente Antón Valero
Andrés de Bustos Guadaño*

SGPS-95005

MAYO 1995

*Este trabajo es una versión actualizada y ampliada del publicado con el mismo título y con número SGPS-92007.

Los Documentos de Trabajo de la Dirección General de Planificación no representan opiniones oficiales del Ministerio de Economía y Hacienda. Los análisis, opiniones y conclusiones aquí expuestos son los de los autores, con los que no tiene que coincidir, necesariamente, la Dirección General de Planificación. La Dirección General de Planificación considera, sin embargo, interesante la difusión del trabajo para que los comentarios y críticas que suscite contribuyan a mejorar su calidad.

ÍNDICE

	Página
0. Preámbulo	3
1. Introducción.	4
2. Perspectiva histórica de la preocupación comunitaria sobre la emisión de CO ₂	6
3. Objetivos Comunitarios sobre la ecotasa	12
4. Necesidad de una estimación rigurosa de las emisiones de CO ₂	15
5. Método general de una estimación rigurosa de las emi- siones de CO ₂	16
5.1. La Tabla Input-Output de la energía de 1985. El modelo aplicado	19
5.2. Actualización de los agregados de la TIOE de 1989 y de sus coeficientes técnicos	22
5.3. Ajustes de coherencia estructural	28
6. Resultados	29
7. Contrastación empírica	33
8. Comparación con la estimación realizada en 1992	35
ANEXO	42
CUADROS	47
GRÁFICOS	52
BIBLIOGRAFÍA	56

0. PREÁMBULO

En julio de 1992, se publicó como Documento de Trabajo de la Dirección General de Planificación (DGP) el estudio titulado "La emisión de CO₂ y su problemática comunitaria. Un método de estimación general"¹. Entre las consideraciones finales del citado estudio se remarcaban las ventajas del método de estimación propuesto frente a otros procedimientos alternativos, en el sentido de que este método permite una actualización periódica de sus estimaciones, derivada de la mejora de las fuentes de información básicas y de la disponibilidad de datos actualizados que permiten retroalimentar el proceso de estimación. El procedimiento planteado partía de la Tabla Input-Output de la Energía (TIOEN) como instrumento básico para relacionar el desarrollo de la actividad económica y el consumo de energía necesario para el mismo, mediante las interrelaciones existentes entre los diferentes sectores económicos (relaciones interindustriales). Los elementos fundamentales sobre los que se apoya este procedimiento son:

- El conocimiento actualizado de las relaciones entre el sector energético y el resto de los sectores productivos con el máximo detalle, representado por la Tabla Input-Output económica (TIOE); la evolución más reciente de las variables macroeconómicas que describen el comportamiento de la economía en sus diferentes vertientes, a partir de los últimos datos de la Serie de Contabilidad Nacional (CN) en sus diferentes grados de desagregación; y la previsión sobre la evolución de dichas variables a lo largo del periodo considerado (hasta 1997) contenida en el escenario macroeconómico.

¹ "La emisión de CO₂ y su problemática comunitaria. Un método de estimación general" -Antón V., Bustos A., Manzanedo L., Sierra V.- Documento de Trabajo nº 92007. Dirección General de Planificación.

- La incorporación de los datos más recientes de las fuentes estadísticas energéticas, tanto desde el punto de vista de la oferta como de la demanda energética, compatible con la evolución de la actividad económica registrada en el apartado anterior y las previsiones sobre el consumo de las diferentes fuentes de energía, a partir de la consecución de los objetivos establecidos en el Plan Energético Nacional (PEN).

En este sentido, la aparición de los datos actualizados de la Contabilidad Nacional, conjuntamente con la TIOE correspondiente a 1989, y la revisión de las perspectivas de crecimiento en el escenario macroeconómico a medio plazo, aconsejan una reestimación de las emisiones de CO₂ previstas hasta el año 1997, tomando como punto de partida el año 1985². En este nuevo documento, que actualiza las estimaciones sobre las emisiones de CO₂, se respeta la estructura y descripción metodológica del estudio original, de forma que no es necesario recurrir a este último para su correcta comprensión; únicamente se han reelaborado diversos aspectos particulares del proceso de estimación, a la luz de la nueva información estadística energética y de la nueva serie de CN, así como los comentarios a los resultados obtenidos, incluyendo un análisis acerca de las diferencias existentes con los resultados derivados de la estimación anterior y las causas imputables a estas diferencias.

1. INTRODUCCIÓN

Es comúnmente admitido que las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) constituyen la principal causa del efecto invernadero. Estas emisiones proceden principalmente del consumo de combustibles fósiles. La consideración de que la

² El INE publicó en 1991 la última Tabla Input-Output de la Energía con referencia a 1985 e integrada en el sistema SEC.

reducción de las emisiones del CO₂ podría acarrear consecuencias negativas para el desarrollo económico, implicaría que a corto y a medio plazo no existe otra alternativa que la de limitar el consumo creciente de combustibles fósiles, sustituyéndolo por la utilización de otras fuentes energéticas menos contaminantes (energías renovables) y mejorando el rendimiento energético.

Actualmente, no se dispone de tecnologías suficientemente desarrolladas que permitan sustituir el consumo energético total contaminante por otro menos contaminante; por tanto, es necesario llegar a un equilibrio entre la necesaria reducción o estabilización de las emisiones del CO₂ y los efectos negativos que dicha reducción tiene sobre la actividad económica.

En cualquier caso, parece imprescindible conocer de forma desagregada (por ramas de actividad y fuentes de energía) quienes son los causantes de las mencionadas emisiones, así como su presumible evolución temporal, bien para el caso de que no se tomen medidas (tecnológicas, fiscales, etc.) que modifiquen dicha tendencia, o bien para cuantificar el impacto que tendría sobre el desarrollo económico la adopción de tales medidas.

El objeto de este trabajo es proponer una metodología de estimación para las emisiones de CO₂ mediante la Tabla Input-Output de la Energía (TIOEN) publicada por el INE referente a 1985 y elaborada con metodología comunitaria SEC en su versión energética.

La propuesta metodológica que aquí se realiza se caracteriza, fundamentalmente, por su carácter de homogeneidad, lo cual garantiza la realización de un análisis comparado entre los países miembros de la CE, además de permitir estudiar los impactos energéticos y económicos que se desprenden de escenarios

alternativos ligados a diferentes procesos de sustitución energética o a la adopción de medidas fiscales relacionadas con el consumo de energía.

El documento consta de siete partes, un Anexo, tres Cuadros y diversos gráficos. Las partes 1, 2 y 3 ubican histórica y espacialmente la preocupación comunitaria sobre la emisión de CO₂; las partes 4, 5 y 6, desarrollan las metodologías aplicadas, así como las fuentes estadísticas e hipótesis utilizadas en el horizonte de estimación hasta 1997; y en la parte 7 se realiza un análisis comparativo con los resultados obtenidos en la estimación anterior.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA PREOCUPACIÓN COMUNITARIA SOBRE LA EMISIÓN DE CO₂

El "efecto invernadero" constituye un componente esencial dentro de las interacciones concurrentes en la biocenosis del planeta. No surge como un descubrimiento reciente a pesar de la creciente movilización de la opinión pública. En la década de 1860, John Tyndall ya describía el papel de ciertos gases como "reguladores" de las temperaturas; posteriormente, en 1896 Svante Arrhenius y P.C. Chamberlain, en 1899, llamaban la atención sobre los cambios probables causados por el dióxido de carbono a causa de la combustión del carbón. A comienzos del siglo XX los climatólogos de vanguardia aportaban notables referencias al posterior debate sobre el "efecto invernadero". Pero sólo a partir de 1975 la atención adquirió repercusiones supranacionales, hasta desembocar en la actualidad con una irrupción más generalizada, aunque para muchos tan sólo con el atractivo de la novedad dialéctica.

Los climatólogos, a raíz de la implantación de la estación meteorológica en la cima de Mauna Loa, en Hawái, comenzaron desde la década de los cincuenta a

profundizar en las estimaciones derivadas por la constatación de la concentración creciente de CO₂ en la atmósfera. Ya en 1957, la concentración de CO₂ alcanzaba las 315 partes por millón en volumen (ppm). De los análisis realizados en los troncos de los árboles, los datos sugieren que el despegue en el crecimiento del dióxido de carbono se verifica a partir de 1850, coincidente con la irrupción de la "Revolución Industrial"; para aquel año las estimaciones realizadas cifraban las concentraciones en 270 p.p.m. En 1990, los valores estimados se disparan a niveles próximos a las 360 p.p.m.

Desde entonces, se estableció una notable discusión sobre los principales causantes del fenómeno: combustión de carbón y aceites minerales y deforestación.

En 1975, Stephen Schneider, del National Center for Atmospheric Research, reajustando las modelizaciones desplegadas por diferentes grupos de investigadores, resolvió las discrepancias sosteniendo que, al duplicarse las concentraciones de CO₂, se ocasionaría una subida en las temperaturas globales medias entre 1,5° C y 2,4° C. El mismo año, Syukuro Manabe y Richard Wetherald, de la Universidad de Princeton, publicaron los resultados de sus investigaciones, que estimaban, para los mismos supuestos, una elevación del calentamiento medio en torno a los 2° C.

Con Veerhabadrban Ramanathan, el descubrimiento de la absorción por los CFC_s de los rayos infrarrojos, ya expuesto por J. Lovelock en la Conferencia Internacional de Ecología y Toxicología sobre Fluorocarbonos celebrada en Andover en 1973, supuso la incorporación de un nuevo elemento dentro de la discusión sobre el calentamiento global.

A finales de los ochenta, los resultados de las diferentes investigaciones y reuniones internacionales (Villach, Bruselas, Bellagio....) provocarían importantes

debates que, a escala política, desembocarían en el ámbito de la CE con la presentación por la Comisión al Consejo de la Comunicación "El problema del efecto invernadero y la Comunidad".

Los estudios auspiciados por la ONU en el marco del IPCC ("Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático") evidenciaron la constatación de un aumento regular de las concentraciones en la atmósfera de los gases causantes del "efecto invernadero" a partir de la aparición de la era industrial.

	%
Dióxido de carbono.....	61
Metano.....	15
CFC _s	11
Dióxido de nitrógeno.....	4
HCFC ₂₂	0,5
Otros (ozono y reacciones químicas indirectas).....	8,5

Los aumentos estimados a partir de 1850, se cifran en:

	%
CO ₂	26
Metano.....	115
Dióxido de nitrógeno.....	8

La variación anual de las concentraciones registradas en la actualidad se

encuentran en torno a:

	%
CO ₂	0,5
Metano	0,9
NO ₂	0,8
CFC _s	4,0

Con estas referencias, la Comisión de las Comunidades Europeas presentaba, en octubre de 1991, la Comunicación: "Una estrategia comunitaria para limitar las emisiones de CO₂ y mejorar la eficiencia energética", invitando al Consejo a tomar postura respecto a la propuesta.

La estrategia se basa en tres bloques de medidas: de carácter específico (I+D, sectoriales, normativas y voluntarias), fiscales y programas nacionales complementarios.

En el ámbito fiscal, la propuesta final se centra en la creación de una tasa sobre las emisiones de CO₂, integrada por dos componentes: uno, energético; y otro, en base a las emisiones de CO₂.

Los argumentos expuestos por la Comisión para adoptar el desarrollo de las estrategias señaladas se apoyan en varios acuerdos y peticiones del Consejo. Esto es:

- Consejo celebrado en junio de 1990 en Dublín, para la adopción de objetivos y estrategias tendentes a limitar las emisiones que afectan al

"efecto invernadero"; de las cuales el CO₂ constituye el elemento más importante;

- Consejo de Ministros de Energía y Medio Ambiente, del 29 de octubre de 1990, acordando la estabilización global de las emisiones comunitarias de CO₂ en el año 2000, tomando por referencia los niveles de emisión correspondientes a 1990;
- Consejo conjunto Energía/Medio Ambiente, del 13 de diciembre de 1991, solicitando a la Comisión la presentación de propuestas relativas a la tasa CO₂/Energía, en el marco de la estrategia comunitaria para la limitación de las emisiones de dióxido de carbono;
- Consejo ECOFIN, del 16 de diciembre de 1991, apoyando la creación de una tasa sobre el dióxido de carbono emitido y la energía utilizada, como una de las medidas para contribuir a la estabilización de las emisiones de CO₂.

En el mes de marzo de 1992, la Comisión presentaba un primer proyecto de propuesta de directiva para crear una tasa sobre las emisiones de CO₂ y sobre la energía.

A raíz de la presentación de la estrategia comunitaria, las diferentes delegaciones de los Estados comunitarios discutieron sobre la creación del "eco-impuesto" (o "ecotasa"), estableciéndose varios grupos de posiciones y destacando claramente diversas posturas enfrentadas: por un lado, abiertamente a favor de la propuesta de la Comisión: Holanda, Dinamarca y Alemania; y, por otro, en contra de la instauración directa del impuesto (España, Grecia, Portugal, Inglaterra), en parte

porque es difícil aceptar la idea de que gravar indiscriminadamente las emisiones de CO₂ permite diferenciar la responsabilidad de los países en la acumulación de gases en la atmósfera. Según este segundo grupo de países, habría que aplicar tipos impositivos diferentes para cada país, es decir, habría que gravar los stocks acumulados en el pasado o las desviaciones con respecto a la media comunitaria de las emisiones de cada país.

Con motivo de las Jornadas de Río de Janeiro, advertida la falta de unanimidad respecto a la propuesta comunitaria, la tasa fiscal presentada en el Consejo de Energía del 21 de mayo de 1992 incorporó una condición (cláusula de condicionalidad) para su aplicación, centrada en la asunción de una medida equivalente por los países de la OCDE y, de esta manera, presionar en la postura mantenida por los demás países presentes en la "Cumbre de Río".

En la reunión del Consejo de Ministros de Medio Ambiente de octubre de 1994 no se logró llegar a un acuerdo sobre la resolución relativa a la estrategia comunitaria sobre las emisiones de CO₂, esencialmente en el apartado en el que se asume la necesidad de medidas impositivas a nivel comunitario, por la oposición frontal del Reino Unido a aceptar un impuesto de este tipo a nivel comunitario o por la postura francesa contraria a que los países de la cohesión tuvieran un tratamiento diferenciado. Además, las discusiones sobre la naturaleza de la ecotasa han llevado a que quede reducida, por ahora, a la posibilidad de la extensión de la estructura actual de los derechos de accisas sobre los aceites minerales a otros productos energéticos.

Observando los datos manejados por los servicios de la Comisión, puede destacarse lo siguiente:

- La Comunidad contribuye con el 13% de las emisiones mundiales de CO₂. Los niveles de Estados Unidos se elevan al 23%.
- La estructura media del consumo bruto de energía en la CE difiere sensiblemente de la española. Mientras que el consumo de carbón alcanza el 21%, para el conjunto de la Comunidad, en España se acerca al 23%. En cuanto al de petróleo, en la CE se acerca al 45%, el de España se eleva al 52%.
- El principal aporte relativo de CO₂ por parte española, se encuentra en la producción eléctrica (32,9%) y en transportes (30%), superando la media comunitaria en ambas ramas.
- La emisión de carbono per cápita en España se sitúa en 1,4 Tm., mientras que la media comunitaria rebasa el 2,3%.

3. OBJETIVOS COMUNITARIOS SOBRE EL ECO-IMPUESTO

El objetivo básico del impuesto sobre la emisión del CO₂, "Ecotasa", es contribuir a lograr el objetivo de la estabilización de las emisiones totales de CO₂ en el año 2000 a los niveles registrados durante 1990, en cumplimiento del acuerdo del Consejo Conjunto de Energía/Medio Ambiente adoptado el 29 de Octubre de 1990.

En España, según los datos utilizados por el PEN, mediante el uso previsto de combustibles fósiles con finalidad energética, los niveles de emisión de CO₂ calculados para el año 2000 se incrementarían aproximadamente en un 25%, cifra ligeramente superior a la derivada de la metodología aplicada en este trabajo, que obtiene para el periodo 1990-97 un crecimiento de casi el 16% (traducido a términos

de tasa interanual acumulativa, el PEN prevé una tasa del 2,3% frente al 2,1% obtenido en la presente estimación).

Cuadro 1
Estructura de la emisión de CO₂

EMISIONES DE CO ₂ - P.E.N.				
SECTORES EMISORES	1990		2000	
	KT _e -CO ₂	ESTRUCTURA	KT _e -CO ₂	ESTRUCTURA
- Industria	45.642	20,94	48.555	17,85
- Transporte	67.063	30,76	86.749	31,89
- Resto	25.356	11,63	27.265	10,02
- Sectores energ. transf.	79.939	36,07	109.430	40,23
TOTAL	218.000	100,00	272.000	100,00
Índice 1990 = 100	100,0		124,8	

Fuente: Plan Energético Nacional 1991-2000

Una característica clave del nuevo impuesto, tal y como se planteó originariamente, sería su "neutralidad" en lo referente a los "ingresos fiscales"; es decir, que no provocase aumento alguno en las contribuciones y gravámenes fijados por la ley.

Esta figura impositiva debería analizarse cuidadosamente para que, al mismo tiempo, se lograra minimizar los efectos económicos negativos sobre la competitividad de las industrias comunitarias y sobre la actividad económica en general, maximizando la disminución de las emisiones del CO₂ y aportando beneficios en otras políticas.

Las fórmulas propuestas definían el impuesto sobre una base mixta con dos componentes: **sobre el consumo de energía**, que se aplicaría por igual a todas las fuentes energéticas ó, **sobre el CO₂**, en función del contenido de carbono.

En teoría, un impuesto sobre la energía sería más eficaz para fomentar el rendimiento energético, mientras que un impuesto sobre el carbono supondría un incentivo más específico para la reducción de las emisiones de CO₂. Sin embargo, esta segunda opción crearía una presión fiscal, relativamente alta sobre el carbón, que es la fuente de energía más segura, y favorecería a la energía nuclear, que ofrece ventajas en cuanto a la disminución de emisiones de CO₂ pero que presenta sus propios inconvenientes. Por otra parte, la opción de imponer un impuesto sobre el carbono al 100% tendría también una repercusión considerablemente diferente sobre la competitividad industrial en los Estados Miembros, según sea su estructura energética.

En base a las limitaciones expuestas, la Comisión llegó a la conclusión de que la mejor opción sería un impuesto basado en un componente energético y en un componente sujeto al contenido de carbono. El tipo impositivo necesario para alcanzar el objetivo de estabilización comunitario para el año 2000 dependerá, por una parte, de la evolución de un conjunto de variables fundamentales (crecimiento económico, los precios mundiales de la energía y la difusión del progreso técnico) y, por otra parte, de la respuesta de los agentes económicos a las medidas propuestas.

Teniendo en cuenta las diferentes posibilidades que se ofrecen y la necesidad de garantizar la cohesión del mercado interior, la Comisión preveía la aplicación de un impuesto cifrado en 3 \$ por barril al 1-I-93, con un aumento de un dólar por barril en los años sucesivos hasta el año 2000.

Sin embargo, la discusión en el seno de las distintas instancias comunitarias para buscar la unanimidad de los Estados Miembros en lo relativo a la definición concreta de las características del nuevo impuesto, han retrasado considerablemente su fecha de implantación, además de reducir considerablemente el alcance del mismo. Como se decía en párrafos anteriores, la línea actual se dirige a aplicar el impuesto aprovechando la estructura de los derechos de accisas existentes, dejando aparte la pretensión de crear una figura impositiva nueva, mediante un procedimiento de armonización de los tipos existentes y la extensión de los derechos de accisas a otros productos energéticos no contemplados actualmente³.

4. NECESIDAD DE UNA ESTIMACIÓN RIGUROSA DE LAS EMISIONES DE CO₂

Uno de los debates que existen en el seno de la Comunidad es el impacto que puede tener este tipo de medidas. Algunos análisis de este paquete de medidas indican que, en la Comunidad en su conjunto, podría darse una ligera disminución de la tasa de crecimiento económico anual (entre 0,05 y 0,1 puntos porcentuales) y un aumento temporal en el índice de inflación (0,3 a 0,5 puntos al año).

En España, según una simulación realizada⁴ para 1993 sobre la implantación del impuesto CO₂/Energía tal y como se define en la propuesta de Directiva del Consejo, los precios de la producción experimentarían un crecimiento de 0,64 puntos en dicho año, con incrementos adicionales de 0,32 puntos en los años posteriores, a medida que se incrementaran los tipos impositivos. Por otro lado, el

³ Proyecto de conclusiones del Consejo de Noviembre de 1994, a partir de los resultados de los trabajos del Grupo ad hoc "Impuesto CO₂/Energía".

⁴ "Una estimación del impacto en precios debida a la implantación del impuesto CO₂/Energía en España". -Vicente Antón y Andrés de Bustos- Economía Industrial nº 290.

consumo privado vería incrementados sus precios en 1993 en 0,46 puntos, incrementándose 0,25 puntos en los años siguientes.

En cualquier caso, parece necesario disponer de una estimación de CO₂ para cada país comunitario, desagregada por ramas de actividad o procesos productivos, ajustada a la realidad y homogénea en cuanto a su método de estimación, que permita conocer la estructura comunitaria de emisiones de CO₂ y su tendencia hacia el año 2000.

Lo que aquí se propone es un método general de estimación de CO₂ para los países miembros de la UE que cumpla las características anteriores. En efecto, todos los miembros comunitarios disponen de tablas input-output de energía (TIOE) con una metodología de elaboración común y enmarcadas en un esquema compatible con las contabilidades nacionales (CN) respectivas.

5. MÉTODO GENERAL DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

La Comisión y otras organizaciones de carácter supranacional han realizado distintas estimaciones sobre las emisiones de CO₂ para los países miembros de la Comunidad; sin embargo, los procedimientos han sido globales, con métodos indirectos (con insuficiente desagregación sectorial) y con información heterogénea e incompleta.

El procedimiento que aquí se presenta está basado, fundamentalmente, en el modelo de Leontieff en su versión energética. De forma esquemática, el método de estimación seguido es muy sencillo:

- En el momento de la realización de este estudio, se disponía de las TIO económicas correspondientes al periodo 1985-1989, así como de las series de CN en su distinto grado de desagregación para el periodo 1989-1993.
- A partir de la TIOEN85, y utilizando todos los indicadores energéticos disponibles, se ha elaborado una TIOEN correspondiente al año 1989 intentando compatibilizar dichos indicadores con los profundos cambios estructurales que se deducen al analizar la serie de TIO referentes al periodo 1985-1990 elaboradas por el INE (sobre este punto se volverá más adelante).
- Para el periodo 1989-1993 se han extrapolado las respectivas TIO a precios constantes de 1989, último año para el que se dispone de una TIO oficial elaborada por el INE, reproduciendo exactamente el comportamiento de las variables económicas que se recoge en las series de CN a precios constantes (VABpm, formación bruta de capital, comercio exterior, consumo privado, etc.) con su diferente grado de desagregación e incorporando los últimos datos estadísticos referentes al comportamiento del sector energético.
- Para el periodo 1993-1997 se han utilizado las previsiones de crecimiento real de las macromagnitudes de la demanda final, estimadas en el último escenario macroeconómico del programa de convergencia, con el fin de proyectar las TIO correspondientes a estos años mediante una matriz de coeficientes técnicos actualizada, en lo que respecta fundamentalmente a los coeficientes relativos a las ramas energéticas.

- A partir del modelo input-output energético, que relaciona las variaciones de los niveles de producción de las distintas ramas de actividad derivadas de las variaciones previstas en la demanda final, e incorporando la información energética citada para el periodo 1989-1993, se han obtenido las correspondientes TIOEN 1989-1997. De otra manera, se ha traducido a términos energéticos los resultados obtenidos para las ramas energéticas en la elaboración de la serie de TIO a precios constantes de 1989. Por consiguiente, en el caso de las ramas energéticas (productoras de energía primaria o transformadoras), los flujos relativos a sus recursos y empleos vienen expresados en unidades energéticas homogéneas (terajulios)⁵, mientras que para el resto de las ramas de actividad vienen expresados en unidades monetarias a precios constantes de 1989.

Una vez estimadas las producciones que son necesarias para satisfacer los niveles de demanda previstos y el consumo de energía preciso para obtener esas producciones, se obtienen las emisiones de CO₂ (Tm) asociadas al consumo de cada uno de los tipos de energía, a partir de los coeficientes de transformación Tm de CO₂/terajulio⁶

Puesto que la referencia la constituye la TIO89 del INE y la proyección de la TIOEN85 a ese mismo año, ha sido necesaria una actualización de los datos de 1989 a 1993, utilizando como base los datos disponibles de la Serie de Contabilidad Nacional del INE, publicada recientemente, así como otras fuentes de información (Índices de producción industrial, estadísticas energéticas) apropiadas para analizar la variación sufrida en la estructura de producción y consumo energético desde 1989.

⁵ Terajulio: Unidad energética equivalente a 10¹² julios.

⁶ La relación de los coeficientes de transformación utilizados puede verse en la página 28.

El escenario macroeconómico ha proporcionado, únicamente, la senda de evolución de los componentes del PIB durante el período 1993-1997, en términos reales y nominales. Ha sido necesario, por lo tanto, estimar una desagregación de cada uno de los componentes de la demanda en las 56 ramas de actividad que considera la TIOE de 1985.

5.1. La Tabla Input-Output de la energía de 1985. El modelo aplicado

La TIOEN es una presentación especializada y adaptada a la energía de la Tabla input-output económica, y su finalidad es estudiar y cuantificar cómo interviene en el proceso productivo (medido en unidades físicas) el conjunto de la energía utilizada. Desde el punto de vista metodológico, tiene la misma articulación y sigue los mismos principios generales que la TIO económica, con las adaptaciones necesarias para una presentación apropiada de los flujos energéticos.

En esta Tabla, los flujos de las ramas de la energía se expresan no sólo en valor, sino también en unidades energéticas homogéneas (terajulios). Las ramas energéticas consideradas en la TIOE son: Extracción y aglomeración de hulla; Extracción y aglomeración de lignito; Coquerías; Extracción de petróleo; Refino de petróleo; Gas natural; Energía eléctrica; Gas manufacturado; Combustibles nucleares.

Resulta, pues, una matriz de la demanda interindustrial de carácter mixto en valores y cantidades. Se puede demostrar que la denominada matriz de los coeficientes técnicos (matriz A), así como la correspondiente matriz inversa $\text{inv}(I-A)$, guardan la misma dimensionalidad heterogénea que presenta la matriz original⁷.

⁷ Ver Anexo.

Una breve descripción del modelo input-output aplicado ayudará a comprender mejor los resultados obtenidos en la estimación de las emisiones de CO₂. Para ello acudiremos a una presentación simplificada de los grandes agregados de la Tabla input-Output.

La ecuación de equilibrio fundamental en la economía se verifica entre el total de recursos disponibles y los empleos a los que se destinan éstos. En los recursos se incluyen la producción y las importaciones, mientras que los empleos comprenden la demanda intermedia y la demanda final (consumo privado, consumo público, formación bruta de capital, exportaciones). En forma de ecuaciones, podemos escribir:

$$P = DI + CPr + CPu + FBC + (X-M)$$

- Siendo:
- P = valor de producción
 - DI = demanda interindustrial
 - Cpr = consumo privado interior
 - Cpu = consumo público
 - FBC = formación bruta de capital
 - X = exportaciones
 - M = importaciones

Si hacemos que la demanda final (DF) sea:

$$DF = Cpr + Cpu + FBC + (X-M)$$

$$P = DI + DF \quad (1)$$

En forma matricial, P, DI y DF serán vectores columna de dimensión (56*1), ya que la TIO se desagrega en 56 ramas de actividad.

Si consideramos la matriz X de la demanda interindustrial, de dimensión (56*56), el i-ésimo elemento del vector -DI- de la demanda intermedia se define como la suma de los elementos de la i-ésima fila de la matriz X. Por consiguiente, esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$DI = X * U$$

Donde U es el vector unidad, y la ecuación (1) quedaría:

$$P = X * U + DF \quad (2)$$

Los elementos de la matriz A (56*56) de coeficientes técnicos se definen como el cociente de cada elemento de una columna cualquiera de la matriz X y la producción correspondiente a esa rama de actividad (elemento del vector P).

La relación entre la matrices X y A viene dada por:

$$X = A * P^*$$

Siendo P* la matriz diagonal cuyos elementos son todos nulos, excepto los de la diagonal principal que son los correspondientes al vector P de la producción.

Realizando las correspondientes operaciones, llegaríamos al ya conocido modelo de Leontieff:

$$P = \text{inv}(I-A) * DF \quad (3)$$

donde I es la matriz identidad.

La expresión (3) nos permite relacionar la demanda final estimada con los niveles de producción que es necesario lograr para satisfacerla.

5.2. Actualización de los agregados de la TIOE de 1989 y de sus coeficientes técnicos

La aplicación del modelo descrito en el apartado anterior, implica obtener previamente una estimación desagregada por ramas de actividad de la demanda final proporcionada por el escenario macroeconómico y presupuestario.

Por otra parte, al considerar la evolución de los agregados de la demanda final a precios constantes de 1989, se elimina el efecto de perturbación que tendría la diferente evolución de los precios de la producción y de los consumos intermedios de cada rama sobre los coeficientes técnicos. Sin embargo, los cambios en dichos coeficientes generados por modificaciones tecnológicas no quedarían recogidas si se utilizara la matriz A, correspondiente a 1989, sin ningún tipo de actualización.

En relación con este último punto, se han modificado fundamentalmente los coeficientes energéticos apoyándose en la información parcial derivada de las estadísticas disponibles, ajustándose a la evolución de los precios y de los cambios tecnológicos acaecidos desde 1989.

5.2.1. La energía en las TIO 1986-1989

Según se exponía anteriormente, el año base para la estimación de las emisiones de CO₂ es 1989, tomando como punto de partida la TIO elaborada para ese año por el INE y proyectando una TIOEN para ese mismo año a partir de la correspondiente a 1985. Por lo tanto, la proyección de la TIOEN deberá recoger en términos cuánticos (TJ) los cambios estructurales en el proceso de producción de las fuentes de energía derivadas y en el consumo de energía por el resto de los procesos productivos de la TIO89, una vez descontados los efectos derivados de las variaciones en los precios energéticos.

Considérese, en primer lugar, la información que proporcionan las diferentes TIO sobre la evolución del consumo de energía en las ramas productivas entre 1986 y 1989. Los datos del consumo de energía (desagregado por ramas energéticas) se agrupan en 6 grandes ramas de actividad y se obtienen las tasas de variación 1989/86.

Cuadro 2

Evolución del consumo de energía 1989/86 en la demanda interindustrial

CONSUMO DE ENERGÍA EN LA DEMANDA INTERINDUSTRIAL: VARIACIÓN 1989/86							
RAMAS R. 56	AGRICULTURA	ENERGÍA	INDUSTRIA	CONSTRUCC.	SERV. VENTA	SERV. NO V	TOTAL
Hulla, aglomer. hulla	100,00	104,52	119,57	140,19	126,37	89,67	107,87
Lignito, briquet. liq.	----	110,72	124,49	----	----	----	110,87
Prod. coquefacción	----	118,64	84,95	----	----	----	85,16
Petróleo bruto	----	105,38	107,69	----	----	----	105,38
Prod. petrol. refin.	96,98	102,84	100,97	127,19	121,42	171,07	115,18
Gas natural	----	66,18	143,98	117,65	163,38	224,58	125,36
Energía electr.	148,08	126,19	130,40	142,29	138,57	145,46	133,95
Gas manufact.	----	57,87	67,66	80,49	81,69	70,96	70,64
Combust. nucleares	----	182,17	----	----	119,05	----	182,14
TOTAL ENERGÍA	108,03	109,75	118,85	129,70	128,70	149,73	118,55

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de las TIO publicadas por el INE

Según se observa en el cuadro anterior, el consumo de energía se intensifica en las ramas de la construcción y de los servicios destinados a la venta y, sobre todo, en los servicios no destinados a la venta. En el siguiente cuadro se relaciona el crecimiento del VABpm por rama de actividad relativo el mismo periodo:

Cuadro 3
Evolución del VABpm entre 1986 y 1989

CRECIMIENTO (1986=100) DEL VABpm EN 1989		
RAMAS DE ACTIVIDAD	NOMINAL	REAL
- Agricultura	120,08	107,63
- Energía	123,87	110,93
- Industria	130,15	114,14
- Construcción	179,02	135,45
- Servicios venta	138,30	113,88
- Servicios no venta	142,96	119,88
PIBpm	139,35	116,36

Fuente: elaboración propia, a partir de los datos de la Cont. Nacional

Comparando estas cifras con las correspondientes al consumo de energía, sorprende el hecho de que el consumo de energía se haya intensificado en mayor medida en las ramas de los servicios, mientras que la industria, más dependiente del consumo de energía para el desarrollo de su actividad, experimenta unas tasas de crecimiento menores. El análisis de la estructura del consumo energético rama a rama presenta variaciones muy significativas entre ambas TIO, máxime si se considera la evolución de los precios de los productos energéticos entre ambos años.

Un caso de singular importancia lo constituye el consumo de productos refinados en la industria, especialmente en la química, lo que supone, según los datos del INE, un cambio significativo en la estructura de la emisión de CO₂ en la actividad industrial, como se comprobará posteriormente. En efecto, haciendo 1986=100 y medido en pesetas corrientes de cada año, la industria no energética en su conjunto incrementó su consumo de productos petrolíferos un 1 por ciento en 1989; ahora bien, la industria química multiplicó por 2,16 su consumo de productos petrolíferos mientras que en el resto de la industria disminuyó un 31,3 por ciento.

La importancia de este cambio se ve reforzada por el hecho de que en 1989 el consumo de estos productos en la industria química suponía el 46,9 por ciento del total consumido por la industria, mientras que en 1986 se cifraba en el 21,9 por ciento. Por otra parte, el precio de los productos más significativos consumidos por la industria química (según la TIOEN de 1985) experimentaron una reducción considerable: las naftas disminuyeron su precio aproximadamente un 17,5 por ciento (precios de venta al público de CAMPSA), mientras que en los fuelóleos la disminución fue mayor (30 por ciento, pvp de CAMPSA). La Encuesta Industrial, que en 1985 estimaba un consumo de productos refinados semejante al registrado en la TIO correspondiente a ese año, muestra un comportamiento diametralmente distinto para el periodo 1986-1989 que el registrado en las TIO publicadas por el INE, con un descenso en el consumo de estos productos del 49,4 por ciento.

No existe ninguna razón documentada (fundamentalmente vía precios) que justifique esta profunda transformación en la estructura del consumo de productos refinados en la actividad industrial. Quizás su justificación resida en el

cambio de los criterios metodológicos en el registro de estos flujos energéticos, aunque no existe constancia del mismo en las publicaciones del INE. Por consiguiente, habrá de tener presente este hecho a la hora de traducir los flujos energéticos en términos cuánticos, lo que supondrá diferencias cualitativamente importantes respecto a la estimación anterior.

La información estadístico-económica existente relativa a la desagregación de la demanda final y a la variación de los coeficientes técnicos, específicamente los energéticos, la proporcionan la Contabilidad Nacional de España y las estadísticas energéticas, del Ministerio de Industria y Energía (MINER). Los últimos datos se refieren a 1993 con el mínimo nivel de desagregación necesaria; en consecuencia, se ha optado por elegir este año como la última base de actualización. Así, a partir de 1993, se asumirá que no existen variaciones significativas en la estructura de la demanda final ni en los coeficientes técnicos energéticos y no energéticos.

Dentro de la demanda final, la desagregación del consumo privado para el periodo 1989-1993 se ha obtenido a partir de la evolución del consumo privado desagregado por funciones (PROCOME) de la CNE, expresado en diferentes grados de desagregación según el año contable considerado (definitivo, provisional, avance). En relación al Consumo Público, no han existido especiales dificultades al estar localizado en sólo tres ramas de actividad.

La formación bruta de capital fijo se ha estimado a partir de la evolución de los doce grupos de productos que proporciona la CNE. Sin embargo, por lo que se refiere a la variación de existencias, tan sólo se ha dispuesto de su importe global a partir de 1989.

En el caso del comercio exterior, la información desagregada sobre su evolución a precios constantes es muy escasa, limitándose a un reducido número de grandes agrupaciones. En definitiva, ha sido necesario acudir a la variación en términos nominales (Dirección General de Aduanas), asumiendo que es un indicador "proxy" de la variación estructural.

En relación a las modificaciones tecnológicas de carácter energético y de mercado acaecidas en el período 1985-1989, las más sobresalientes son las relacionadas con la energía eléctrica y con el gas natural.

Respecto a la energía eléctrica, es suficientemente ilustrativo señalar que la producción de origen nuclear se duplicó en el período 1985-89 (medida en MWH), mientras que el total de la energía eléctrica producida crecía sólo un 16%. Por otra parte, conviene recordar el comportamiento irregular de la producción de energía eléctrica de origen térmico clásico (y por lo tanto, del consumo de combustibles asociado), dada su dependencia del año hidrológico. Al actualizar los coeficientes técnicos energéticos en esta rama se ha intentado reflejar estos dos hechos, teniendo presente que la producción de electricidad de origen nuclear permanecerá estabilizada en el período considerado, al no estar previsto que entre en funcionamiento ninguna nueva central de este tipo.

En el caso del gas natural, su consumo en el período 1985-1991 se ha multiplicado por 2,38, siendo significativa su implantación en la práctica totalidad de los sectores de la economía. En este caso, el incremento de sus coeficientes técnicos por fila se ha realizado a costa de una minoración similar en los correspondientes a los productos del refino y del gas manufacturado, reflejando así un proceso de sustitución de ambos productos por gas natural.

5.3. Ajustes de coherencia estructural

El vector de producción por ramas de actividad para el mencionado período 1989-1993, podría obtenerse, por un lado, a partir de la desagregación sectorizada de la demanda final (estimada en la fase previa), mediante la ecuación [3]:

$$P = \text{inv}(I-A) DF$$

Y, por otro, podría estimarse por la vía de la oferta. Es decir, utilizando la contabilidad nacional y las estadísticas de producción (CNE, estadísticas energéticas, Encuesta Industrial e Índices de Producción Industrial, etc.) y asumiendo que el coeficiente técnico global de producción (valor añadido bruto/valor de producción) no ha sufrido variaciones significativas en dicho período.

Comparando ambos vectores de producción, se observó que eran necesarias algunas reestimaciones en la desagregación sectorial de la demanda final, al mismo tiempo que habría que modificar algunos coeficientes técnicos, especialmente energéticos.

Una vez realizados los ajustes necesarios en la matriz A correspondiente a la última TIO (1993) basada en los datos más recientes de la Contabilidad Nacional, se extrapola la estructura sectorial de la demanda final, manteniendo constante la estructura tecnológica, al horizonte 1994-1997.

En realidad, el año 1993 puede considerarse, en el contexto de este trabajo, como el año base de la investigación.

6. RESULTADOS

Como se exponía al principio, la aplicación de los elementos de la matriz A de coeficientes técnicos relativos a las ramas energéticas a las producciones estimadas por el modelo, permite obtener la cantidad de energía consumida (en terajulios) en el proceso productivo (demanda intermedia) y en la demanda final.

Un paso previo a la transformación en Tm de CO₂ de esta energía lo constituye el análisis del destino que se le da a esos productos energéticos. Es decir, no toda la energía producida es objeto de emisión de CO₂. Por ejemplo, el gas natural puede ser utilizado como combustible para la generación de energía eléctrica o bien ser utilizado para la síntesis química, o los productos energéticos destinados a la exportación no suponen ninguna emisión de CO₂. De forma similar, existen determinados productos derivados del petróleo (asfaltos, betunes, lubricantes, etc.) cuyo uso no se traduce en emisión de CO₂. En estos casos, se ha supuesto que el empleo de estos productos energéticos no implica emisiones de CO₂. A partir de este análisis, se efectúan las correcciones necesarias, para las ramas de actividad afectadas, en los coeficientes estándar de transformación de TJ a Tm de CO₂, que se relacionan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4
Coefficientes de Transformación TmCO₂/TJ

COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN TmCO₂/TJ (*)	
PRODUCTOS ENERGÉTICOS	TmCO₂/TJ
031.- HULLA Y SUS AGLOM.	94
033.- LIGNITO Y SUS AGLOM.	106
050.- COQUERIAS	108
071.- PETRÓLEO	----
073.- REFINO DE PETRÓLEO	----
0732.-G.L.P.	65
0733.- Gasolinas	72
0734.-Naftas	78
0735.-Gasoleo para transp.	74
0736.-Gasol.calef.;fueoils	78
0739.-Otros prod. refinados	78
075.- GAS NATURAL	56
097.- ENERGÍA ELÉCTRICA	---
098.- GAS MANUFACTURADO	56
110.- COMBUST. NUCLEARES	----

Fuente: Coeficientes estándar recomendados por EUROSTAT (*)

Los resultados obtenidos, agrupados en 17 ramas de actividad se presentan en los cuadros 1, 2 y 3 del Anexo.

El Gráfico 1 asocia la emisión de CO₂ prevista en el período considerado a los productos energéticos que la originan. Comparando los resultados obtenidos en 1989 y 1997, se puede observar que el CO₂ debido a la utilización de los combustibles sólidos (hulla, antracita, lignito, coque) pierde 1,4 puntos (36,2 - 34,8) con relación a la emisión global de CO₂ que, aparte de un leve incremento

en la participación de los productos derivados del petróleo (59,1 - 59,6), refleja la creciente penetración del gas natural (3,4 - 4,7) en el mercado energético nacional, sustituyendo en parte al gas manufacturado (1,3 - 0,9).

Esta leve variación en términos absolutos de la estructura de las emisiones de CO₂ parece indicar una relativa estabilidad en la estructura del consumo energético, lo que queda en evidencia cuando consideramos el comportamiento tendencial de la emisión por tipo de producto energético a lo largo del periodo. En este sentido, en el cuadro siguiente se puede observar la evolución de las emisiones de CO₂, distinguiendo entre el sector productivo (demanda intermedia) y el consumo final y considerando 1989 el año base (1989 = 100).

Cuadro 5
Evolución 1989=100 de las emisiones de CO₂ en 1997

EVOLUCIÓN (1989=100) DE LAS EMISIONES DE CO ₂ EN 1997			
PRODUCTOS ENERGÉTICOS	TOTAL	DEM. INT.	CONS. FIN.
- Combustibles sólidos	114,9	115,3	101,4
- Derivados del petróleo	120,2	120,4	119,8
- Gas natural	167,3	156,2	307,5
- Gas manufacturado	80,2	85,8	47,6
TOTAL	119,4	119,2	120,3

Fuente: Elaboración propia

En los Gráficos 2, 3, 4 y 5 se muestra gráficamente la evolución (1989 = 100) de la emisión de CO₂ para cada producto energético, distinguiendo si su uso se destina a la satisfacción de las necesidades del consumidor final (consumo privado) o a la producción de otros bienes y servicios (demanda intermedia).

Debido a la escasa importancia relativa del consumo privado, el Gráfico 2 muestra una evolución similar en la emisión total de CO₂ derivada del consumo de los combustibles sólidos y en la originada en la demanda intermedia. En el modelo, se ha supuesto un nivel estable de consumo final de estos productos energéticos y, dentro de la demanda intermedia, el nivel de consumo se encuentra íntimamente ligado a la evolución de la producción de sus principales consumidores, esto es, de la siderurgia y, sobre todo, de la producción de energía eléctrica. Respecto a esta última actividad cabe destacar que, dado que no está prevista la entrada en funcionamiento de ninguna nueva central nuclear, los futuros incrementos en la demanda de energía eléctrica habrán de satisfacerse recurriendo a la energía termoeléctrica clásica (carbón, fuel oil, gas natural) o, en menor medida, a las importaciones.

Aparte de su mayor importancia en términos absolutos, los productos derivados del petróleo presentan una de las mayores tasas de crecimiento previstas (20,2%) en el período. Destaca la coincidencia en las líneas de evolución del total de emisiones y de sus dos componentes, al menos hasta 1993 (a partir de ese año es explicable por la hipótesis de estabilidad de los coeficientes técnicos). Dentro de la demanda intermedia, conviene destacar por su peso específico el mayor crecimiento del sector transportes (25,8), debido a la inexistencia de combustibles alternativos para satisfacer la demanda de la función transporte. No obstante, en la actualización de los coeficientes técnicos de 1989 se ha reflejado un proceso de sustitución de fuel oil por gas natural en determinados procesos productivos.

Los Gráficos 4 y 5, dedicados al gas natural y al gas manufacturado muestran, en lo que se refiere al consumo privado, un comportamiento diametralmente opuesto, reflejo de la progresiva sustitución del gas

manufacturado por gas natural en los hogares. Las tasas ligeramente crecientes de aquél en la demanda intermedia son debidas a la producción de gases (gas de coquerías y gas de altos hornos) en otros sectores productivos, consumidos principalmente en la generación de energía eléctrica. En la demanda de gas natural por los sectores productivos, se ha actualizado a 1993 su creciente implantación en la estructura productiva, esencialmente en sustitución de los productos derivados del petróleo y de los combustibles sólidos. No obstante, el incremento experimentado en el consumo de este producto energético (56,2) es muy superior al del conjunto de productos energéticos (19,2), aunque la mayor tasa de crecimiento se registra en el consumo privado (se multiplica por 3,1).

7. CONTRASTACIÓN EMPÍRICA

Es necesario destacar que los resultados se han contrastado con los derivados del PEN (Plan Energético Nacional) para el año 1990. En términos generales, los resultados son positivos, no existiendo diferencias significativas en la estructura de la emisión de CO₂ por grandes ramas de actividad, aunque no ocurra así en la estimación de los niveles del dióxido de carbono. Así, para 1990, la estimación de emisiones de CO₂ que de este trabajo se obtiene supera a la presentada en el PEN en un 17,7%.

Cuadro 6
Contraste de resultados con el PEN. Año 1990⁸

SECTORES	Mill. Tm	Mill. Tm	%	%
	Modelo I-O	P E N	Modelo I-O	P E N
Industria	52.438	45.642	20,4	20,9
Transporte	78.039	67.063	30,4	30,8
Primario, domés. y terc.	37.923	25.356	14,8	11,6
Sectores transformadores	88.272	79.939	34,4	36,7
TOTAL	256.672	218.000	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

La divergencia en el nivel de emisiones de 1990 entre ambas estimaciones puede imputarse a diferentes motivos: coeficientes de transformación a CO₂ de las unidades energéticas, los datos del PEN tienen carácter provisional, etc. Sin embargo, consideramos que nuestras estimaciones tienen, en cualquier caso, más garantías estadísticas que las proporcionadas en el PEN, en el sentido de que incorporan los datos definitivos de las fuentes estadísticas energéticas y son compatibles con el comportamiento de la economía en dicho año, aparte del método de estimación propiamente dicho.

⁸ Nota: Con el fin de poder garantizar la comparabilidad entre ambas estimaciones (modelo I-O y PEN), se han agrupado los resultados del modelo I-O de la siguiente forma:

- Industria: comprende las ramas 03 a 12 (mirar cuadro 1)
- Primario doméstico y terciario: comprende las ramas 01, 13, 15, 16, 17 y el consumo privado
- Sectores transformadores: rama 02
- Transporte: la rama 14 más los consumos derivados del transporte por cuenta propia en el resto de las ramas de actividad y en el consumo privado.

La razón para este tratamiento especial es la distinta clasificación "Transportes" utilizada por el PEN y por la TIOE. En efecto, en el PEN, esta función recoge todo el consumo de combustibles realizado en el transporte, mientras que en la clasificación seguida en la TIOE, las ramas de los transportes agrupa, tan sólo, los realizados por cuenta ajena. En consecuencia, la comparabilidad es posible si al total de gasolinas y gasóleos consumidos por esta rama se añade lo consumido por el resto de las ramas, efectuado en régimen de cuenta propia, más la parte del consumo privado correspondiente.

Las razones de esta apreciación se basan en la importancia del marco donde se han realizado las estimaciones:

- Estimación realizada en el contexto de la Tabla input-output de la energía.
- Actualización de coeficientes técnicos, especialmente, en aquellas energías cuya estructura de producción o de consumo han experimentado variaciones más significativas desde 1985 (Gas Natural y Energía Eléctrica).

A partir de esta metodología general, se abre todo un conjunto de explotaciones energéticas que pueden permitir la realización de análisis de tipo económico-energético sobre planificación energética, dependencia energética, modificaciones en la estructura del consumo de energía tendentes a la sustitución de energías clásicas por otras menos contaminantes, etc.

Por último, conviene destacar que este método permite una actualización permanente de las estimaciones, en la medida que las fuentes de información vayan mejorando y contrastando las hipótesis y en que la disponibilidad de los datos actualizados vayan retroalimentando el proceso de estimación.

8. COMPARACIÓN CON LA ESTIMACIÓN REALIZADA EN 1992

Los resultados de la estimación anterior se publicaron en julio de 1992⁹, utilizando como eje central la TIO económica correspondiente a 1987 y las

⁹ Ver Nota 1.

previsiones del escenario macroeconómico vigentes en aquel momento. Los resultados obtenidos en la versión actual difieren de manera apreciable de aquellos, por lo que conviene comentar brevemente las causas a las que se puede imputar estas diferencias.

En general, ambas estimaciones divergen en dos aspectos fundamentales:

- La primera, en la estimación de los niveles de emisión, justificado por las diferentes estructuras de consumos energéticos en las TIO que sirven de base a ambos análisis (ya se hizo un comentario sobre el consumo de productos refinados en la industria), y en la distinta evolución de las ramas energéticas al hacerse definitivos los datos provisionales recogidos en la estimación anterior.
- La segunda, en que los escenarios macroeconómicos utilizados para los años posteriores a 1992 difieren de forma considerable. Baste recordar que en 1992 no se preveía la magnitud de la última crisis económica, trazando un comportamiento de la economía mucho más optimista de lo que se ha dado en la realidad.

El cuadro siguiente compara el nivel global de emisiones de CO₂ obtenido en ambas estimaciones en miles de Tm de CO₂.

Cuadro 7
Comparación de las emisiones de CO₂ en 1989

TOTAL DE EMISIONES DE CO₂ EN 1989				
	ESTIMACIÓN ACTUAL		ESTIMACIÓN ANTERIOR	
	Miles TM	%	Miles TM	%
- Agricultura	8.523	3,4	8.712	3,6
- Industria energ.	86.619	34,8	88.964	37,2
- Indus. no energ.	57.627	23,1	49.668	20,8
- Serv. venta	47.500	19,1	43.538	18,2
- Serv. no venta	7.095	2,8	5.092	2,1
- Consumo privado	41.700	16,7	43.064	18,0
TOTAL	249.064	100,0	239.038	100,0

Fuente: elaboración propia

La divergencia entre ambas estimaciones puede verse claramente si se hace referencia a la naturaleza de los productos que originan la emisión de CO₂:

Cuadro 8
Origen de las emisiones de CO₂ en 1989

TOTAL DE EMISIONES DE CO₂ EN 1989				
TIPO DE ENERGÍA	ESTIMACIÓN ACTUAL		ESTIMACIÓN ANTERIOR	
	Miles TM	%	Miles TM	%
- Comb. sólidos	90.110	36,2	92.606	38,7
- Refino petróleo	147.303	59,1	134.605	56,3
- Gases	11.651	4,7	11.827	4,9
TOTAL	249.064	100,0	239.038	100,0

Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en el cuadro anterior, la emisión debida a los productos derivados del petróleo es el motivo fundamental de la diferencia entre ambas estimaciones, con un incremento del 9,4 por ciento respecto a la estimación anterior. Además, la diferencia entre ambas estimaciones se puede imputar exclusivamente a la emisión derivada del consumo de energía en los diferentes procesos productivos (demanda intermedia), ya que la obtenida para el consumo privado (demanda final) no experimenta variaciones significativas. Según las cifras registradas en las correspondientes TIO, el consumo de productos refinados en la demanda intermedia ha experimentado un crecimiento del 15,2 por ciento entre 1986 y 1989; esta cifra queda matizada al considerar la variación experimentada en el precio de los productos petrolíferos más representativos en dicho periodo:

Cuadro 9

Variación 1989/86 en los precios de los productos petrolíferos

VARIACIÓN DE PRECIOS (PVP) DE LOS PROD. PETROLÍFEROS	
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	1989/86
- Gases licuados	- 10,9
- Gasolina súper	- 5,8
- Gasolina normal	- 4,2
- Naftas	- 17,5
- Keroseno corriente	- 4,2
- Gasóleo A	- 4,2
- Gasóleo C	- 15,6
- Fueloil usos generales	- 30,8
- Fueloil centrales térmicas	- 29,6

Fuente: Elaboración propia, a partir de precios (pvp) CAMPSA

La variación registrada en términos nominales en la demanda intermedia, junto con el notable descenso de los precios medios de los productos refinados, parecen indicar un fuerte crecimiento en términos reales en el consumo de este tipo de productos energéticos. Sin embargo, otras fuentes estadísticas constatan que este crecimiento no se ha producido con la intensidad que se deduce de las cifras de la TIO, aun reconociendo el fuerte impulso experimentado en su consumo. Se ha optado por una estimación intermedia entre ambos extremos, procurando mantener la compatibilidad entre los consumos registrados en la TIO y la evolución de los precios energéticos, teniendo en cuenta que el criterio de valoración (precios salida de fábrica) utilizado en la TIO no tiene influencia apreciable en la evolución de los precios señalada anteriormente.

Una vez justificada la diferencia existente entre las cifras de nivel entre ambas estimaciones, el otro aspecto que queda por comentar es el relativo a la evolución de la emisión de CO₂ a lo largo del periodo considerado. Comparando los resultados globales obtenidos para el periodo 1989-96, puede verse que el crecimiento esperado en la estimación actual para 1996 es casi la mitad del obtenido en la estimación anterior, con una disminución más acusada en el consumo privado.

Cuadro 10

Evolución (1996/89) prevista de las emisiones CO₂

EVOLUCIÓN 1996/89 DE LAS EMISIONES DE CO ₂			
ESTIMACIONES	DEM. INTER.	CONS. PRIV.	TOTAL
- Estimación base TIO87	+ 23,4	+ 47,8	+ 27,8
- Estimación base TIO89	+14,5	+ 15,5	+ 14,6

Fuente: Elaboración propia

Esta divergencia queda sobradamente justificada si consideramos los escenarios macroeconómicos previstos en el momento de realizar ambas estimaciones, comparando la evolución del PIBpm:

Cuadro 11
Evolución prevista en los escenarios macroeconómicos

EVOLUCIÓN DEL PIB _{pm} EN LOS ESCENARIOS BASE		
TASAS INTERANUALES	BASE TIO89	BASE TIO87
1990/89	+ 3,6	+ 3,7
1991/90	+ 2,2	+ 2,5
1992/91	+ 0,8	+ 3,1
1993/92	- 1,0	+ 3,5
1994/93	+ 1,3	+ 3,6
1995/94	+ 2,6	+ 3,6
1996/95	+ 3,5	+ 3,5
Acumulado 1996/89	+ 13,7	+ 26,0

Fuente: Elaboración propia

Además, si se consideran los componentes del PIBpm, en el escenario que sirvió de referencia a la estimación con base en la TIO de 1987, el consumo privado tenía un comportamiento mucho más dinámico que el que se deriva del escenario actual, lo que justifica en buena medida la divergencia en la estimación de la emisión de CO₂ derivada del consumo de energía en el sector privado.

La constatación de las apreciables diferencias encontradas entre ambas estimaciones llevan a reiterar nuevamente la necesidad de una revisión periódica

del proceso de estimación, de manera que se actualicen, por un lado, las previsibles variaciones en la naturaleza de los flujos energéticos interindustriales ocasionadas por el proceso de sustitución de fuentes energéticas o de mejora en la eficiencia energética y, por otro, los cambios en las perspectivas de evolución de la economía a medio plazo debidos a la revisión del escenario macroeconómico.

ANEXO

ANEXO

LA MATRIZ INVERSA DE LEONTIEFF EN LA TIOE

Dada la naturaleza mixta (cantidades y valores) de la TIO de la energía, se plantea el problema de si la matriz $\text{inv}(I-A)$ guarda la dimensionalidad necesaria para que su aplicación a la matriz DF nos proporcione el vector P de la producción en las unidades requeridas.

Para ello, consideramos la matriz A de coeficientes técnicos como una matriz particionada en la forma:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

donde A_{11} , de dimensión 9×9 , sería la submatriz cuadrada compuesta por las nueve primeras filas y columnas de la matriz A correspondientes a las ramas energéticas y, por tanto, su medida será $\text{TJ/TJ} = S$, donde S representa un escalar y TJ las unidades energéticas (terajulios).

La matriz A_{12} (9×47) corresponde al cruce de las ramas energéticas con las no energéticas y sus unidades serán TJ/V , donde V representa las unidades en valor.

La matriz A_{21} (47×9) representa por filas las ramas no energéticas y por columnas las ramas energéticas. Sus elementos vendrían expresados en V/TJ .

Por último, la matriz A_{22} (47 x 47) corresponde al cruce de las ramas no energéticas y sus unidades $V/V = S$ serían escalares.

Teniendo en cuenta lo anterior se demostrará que la matriz inversa de Leontieff $-(I-A)^{-1}$ conserva la dimensionalidad de la matriz A , pudiéndose particionar análogamente a la matriz A . Para simplificar la notación, sea:

$$I-A = D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix}$$

Según la inversa de una matriz particionada

$$D^{-1} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix}$$

donde:

$$K_{11} = D_{11}^{-1} + D_{11}^{-1} D_{12} G D_{21} D_{11}^{-1}$$

$$K_{12} = -D_{11}^{-1} D_{12} G$$

$$K_{21} = -G D_{21} D_{11}^{-1}$$

$$K_{22} = G$$

con

$$G = (D_{22} - D_{21} D_{11}^{-1} D_{12})^{-1}$$

Veamos las unidades de medida de cada una de las submatrices:

$$K_{22} = (S - \frac{V}{TJ} S \frac{TJ}{V})^{-1} = (S)^{-1} = S$$

$$K_{21} = (S \frac{V}{TJ} S^{-1}) = \frac{V}{TJ}$$

$$K_{12} = (S^{-1} \frac{TJ}{V} S) = \frac{TJ}{V}$$

$$K_{11} = S^{-1} + S^{-1} \frac{TJ}{V} S \frac{V}{TJ} S^{-1} = S$$

Por tanto, queda demostrado que las unidades de medida en que viene expresada la matriz de coeficientes técnicos A , se conserva en la matriz inversa asociada al modelo de Leontieff

Sea

$$DF = \begin{bmatrix} DF_1 \\ DF_2 \end{bmatrix}$$

donde DF_1 es el vector asociado a la demanda final energética expresado en TJ y DF_2 el resto de la demanda final expresado en valor.

De forma similar

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{bmatrix}$$

donde P_1 representa la producción de las ramas energéticas (en TJ) y P_2 el resto de la producción expresado en valor. El producto

$$(I-A)^{-1} DF = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{bmatrix}$$

donde

$$P_1 = D_{11} DF_1 + D_{12} DF_2$$

$$P_2 = D_{21} DF_1 + D_{22} DF_2$$

y las unidades asociadas serían, respectivamente

$$P_1 = S \text{ TJ} + \frac{\text{TJ}}{\text{V}} \text{ V} = \text{TJ}$$

$$P_2 = \frac{\text{V}}{\text{TJ}} \text{ TJ} + \text{SV} = \text{V} + \text{V} = \text{V}$$

CUADROS

CUADRO 1: EMISIONES DE CO2, POR 17 RAMAS DE ACTIVIDAD

Unidad: Tm CO2

RAMAS R. 17	1985	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
01 Agric. y pesca	8.075.854	8.243.015	9.097.680	8.522.762	8.473.889	8.672.400	8.667.808	8.687.290	8.812.544	9.008.905	9.280.669	9.583.988
02 Prod. energéticos	80.455.780	78.743.996	66.084.036	86.619.340	89.317.944	90.838.510	96.699.722	87.613.815	92.782.497	95.239.275	98.587.513	102.438.405
03 Min. y met. Fe y no Fe	14.068.890	12.353.042	12.334.078	12.035.673	12.185.902	12.195.495	12.091.354	12.221.180	12.623.541	13.071.319	13.519.803	13.983.822
04 Min. no met.;pr.deriv.	9.409.357	10.453.152	9.881.746	10.117.292	10.684.061	11.060.334	11.331.523	11.224.611	11.393.131	11.867.786	12.439.573	13.227.998
05 Productos químicos	9.470.824	10.321.496	20.046.701	21.284.254	21.195.029	21.243.531	21.191.384	21.496.168	21.753.082	22.173.820	22.713.488	23.283.985
06 Prod. met., maquin.	1.817.376	2.001.846	1.954.585	2.043.929	2.086.501	2.089.418	2.133.096	1.967.941	2.014.572	2.095.388	2.186.575	2.297.296
07 Material de transp.	519.774	594.509	556.013	518.801	520.352	557.593	568.763	492.556	526.116	547.848	572.694	597.095
08 Alim., beb. y tabac.	4.688.613	4.807.112	4.622.445	4.235.205	4.144.565	4.246.952	4.161.689	4.188.912	4.217.657	4.297.980	4.424.739	4.581.963
09 Textil, vest., y calz.	1.882.731	1.842.412	1.939.563	1.850.471	1.857.485	1.801.863	1.770.335	1.726.271	1.755.697	1.794.980	1.844.785	1.922.523
10 Papel, impresión	1.921.239	1.956.512	1.855.746	1.673.676	1.726.601	1.825.501	1.938.976	1.956.426	2.003.802	2.063.128	2.121.066	2.188.853
11 Prod. industr. divers.	858.458	947.996	1.044.750	1.065.437	1.101.560	1.142.151	1.149.751	1.098.447	1.120.217	1.158.349	1.206.819	1.259.827
12 Construcción	1.986.984	2.152.320	2.584.392	2.801.686	3.051.396	3.207.332	3.086.078	3.099.028	3.109.188	3.245.338	3.455.586	3.735.652
13 Rec.y rep.,comer.,host.	9.555.651	9.754.987	12.399.993	12.896.012	13.866.856	14.552.182	14.939.141	14.615.013	14.656.497	14.984.986	15.544.447	16.291.096
14 Transport. y comunic.	23.603.790	24.442.835	28.829.666	28.956.887	29.988.242	31.062.063	31.135.575	31.396.757	31.933.831	33.132.401	34.612.419	36.352.957
15 Crédito y seguros	294.211	290.991	317.722	289.971	290.870	310.583	320.628	309.235	315.238	325.731	339.396	355.630
16 Otros serv. no venta	4.369.624	4.581.103	5.368.400	5.357.195	5.843.576	6.078.997	6.151.466	5.891.813	5.914.521	6.081.900	6.327.150	6.630.761
17 Servicios no venta	4.010.483	4.310.430	6.178.912	7.095.158	7.014.043	7.491.504	7.854.497	8.022.177	7.846.255	7.958.850	8.149.807	8.398.475
TOTAL DEMANDA INTERMEDI	176.789.639	177.797.754	185.096.428	207.363.749	213.348.872	218.376.409	225.191.786	216.007.640	222.778.386	229.047.984	237.326.529	247.130.326
CONSUMO PRIVADO	34.101.252	35.625.138	40.474.089	41.700.329	43.323.719	45.254.962	46.170.158	45.412.558	45.797.286	46.634.238	48.174.799	50.167.538
TOTAL	210.890.891	213.422.892	225.570.517	249.064.078	256.672.591	263.631.371	271.361.944	261.420.198	268.575.672	275.682.222	285.501.328	297.297.864

CUADRO 3: EVOLUCION 1989 = 100 DE LAS EMISIONES DE CO2

RAMAS F. 17	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
01 Agric. y pesca	100,00	99,43	101,76	101,70	101,93	103,40	105,70	108,89	112,45
02 Prod. energéticos	100,00	103,12	104,87	111,64	101,15	107,12	109,95	113,82	118,26
03 Min. y met. Fe y no Fe	100,00	101,25	101,33	100,46	101,54	104,88	108,60	112,33	116,19
04 Min. no met.;pr.deriv.	100,00	105,60	109,32	112,00	110,94	112,61	117,30	122,95	130,75
05 Productos químicos	100,00	99,58	99,81	99,56	101,00	102,20	104,18	106,71	109,40
06 Prod. met., maquin.	100,00	102,08	102,23	104,36	96,28	98,56	102,52	106,98	112,40
07 Material de transp.	100,00	100,30	107,48	109,63	94,94	101,41	105,60	110,39	115,09
08 Alim., beb. y tabac.	100,00	97,86	100,28	98,26	98,91	99,59	101,48	104,48	108,19
09 Textil, vest., y calz.	100,00	100,38	97,37	95,67	93,29	94,88	97,00	99,69	103,89
10 Papel, impresión	100,00	103,16	109,07	115,85	116,89	119,72	123,27	126,73	130,78
11 Prod. industr. divers.	100,00	103,39	107,20	107,91	103,10	105,14	108,72	113,27	118,25
12 Construcción	100,00	108,91	114,48	110,15	110,61	110,98	115,84	123,34	133,34
13 Rec.y rep.,comer.,host.	100,00	107,53	112,84	115,84	113,33	113,65	116,20	120,54	126,33
14 Transport. y comunic.	100,00	103,56	107,27	107,52	108,43	110,28	114,42	119,53	125,54
15 Crédito y seguros	100,00	100,31	107,11	110,57	106,64	108,71	112,33	117,04	122,64
16 Otros serv. no venta	100,00	109,08	113,47	114,83	109,98	110,40	113,53	118,11	123,77
17 Servicios no venta	100,00	98,86	105,59	110,70	113,07	110,59	112,17	114,86	118,37
TOTAL DEMANDA INTERMEDI	100,00	102,89	105,31	108,60	104,17	107,43	110,46	114,45	119,18
CONSUMO PRIVADO	100,00	103,89	108,52	110,72	108,90	109,82	111,83	115,53	120,30
TOTAL	100,00	103,05	105,35	108,95	104,96	107,33	110,69	114,63	119,37

CUADRO 4: VARIACIONES INTERANUALES EN LA EMISION DE CO2

RAMAS R. 17	1990/89	1991/90	1992/91	1993/92	1994/93	1995/94	1996/95	1997/96
01 Agric. y pesca	99,43	102,34	99,95	100,22	101,44	102,23	103,02	103,27
02 Prod. energéticos	103,12	101,70	106,45	90,60	105,90	102,65	103,52	103,91
03 Min. y met. Fe y no Fe	101,25	100,08	99,15	101,07	103,29	103,55	103,43	103,43
04 Min. no met.;pr.deriv.	105,60	103,52	102,45	99,06	101,50	104,17	104,82	106,34
05 Productos químicos	99,58	100,23	99,75	101,44	101,20	101,93	102,43	102,51
06 Prod. met., maquin.	102,08	100,14	102,09	92,26	102,37	104,01	104,35	105,06
07 Material de transp.	100,30	107,16	102,00	86,60	106,81	104,13	104,54	104,26
08 Alim., beb. y tabac.	97,86	102,47	97,99	100,65	100,69	101,90	102,95	103,55
09 Textil, vest., y calz.	100,38	97,01	98,25	97,51	101,70	102,24	102,77	104,21
10 Papel, impresión	103,16	105,73	106,22	100,90	102,42	102,96	102,81	103,20
11 Prod. industr. divers.	103,39	103,68	100,67	95,54	101,98	103,40	104,18	104,39
12 Construcción	108,91	105,11	96,22	100,42	100,33	104,38	106,48	108,10
13 Rec.y rep.,comer.,host.	107,53	104,94	102,66	97,83	100,28	102,24	103,73	104,80
14 Transport. y comunic.	103,56	103,58	100,24	100,84	101,71	103,75	104,47	105,03
15 Crédito y seguros	100,31	106,78	103,23	96,45	101,94	103,33	104,20	104,78
16 Otros serv. no venta	109,08	104,03	101,19	95,78	100,39	102,83	104,03	104,80
17 Servicios no venta	98,86	106,81	104,85	102,13	97,81	101,44	102,40	103,05
TOTAL DEMANDA INTERMEDIA	102,89	102,36	103,12	95,92	103,13	102,81	103,61	104,13
CONSUMO PRIVADO	103,89	104,46	102,02	98,36	100,85	101,83	103,30	104,14
TOTAL	103,05	102,71	102,93	96,34	102,74	102,65	103,55	104,13

GRAFICOS

EMISION TOTAL DE CO2, POR PRODUCTOS

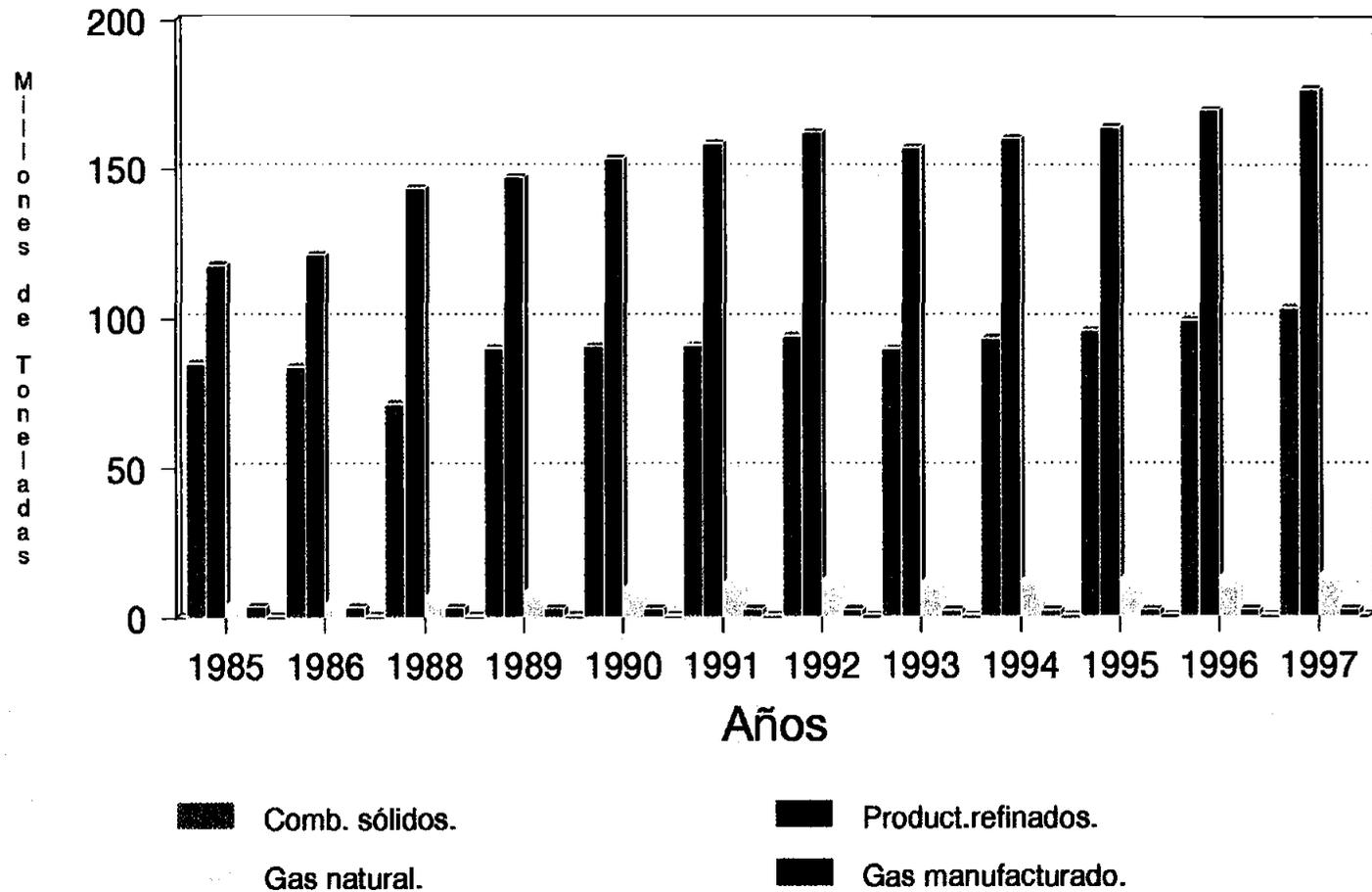
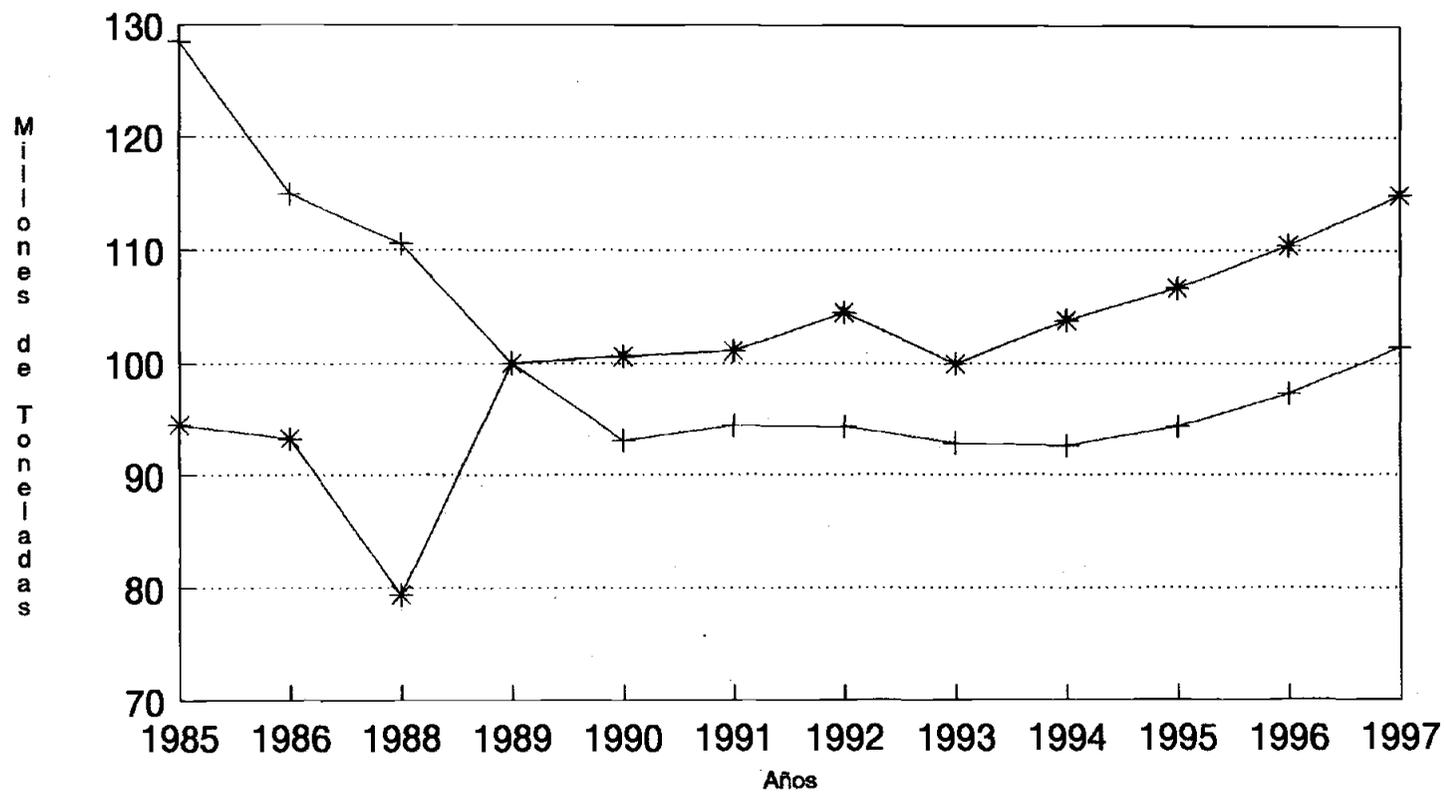


Grafico 1

EMISION DE CO2 POR LOS COMB. SOLIDOS

(Evolución 1989 = 100)



Demanda intermedia

—+— Consumo Privado

—*— TOTAL

Grafico 2

EMISION DE CO2 POR PROD. REFINADOS

(Evolución 1989 = 100)

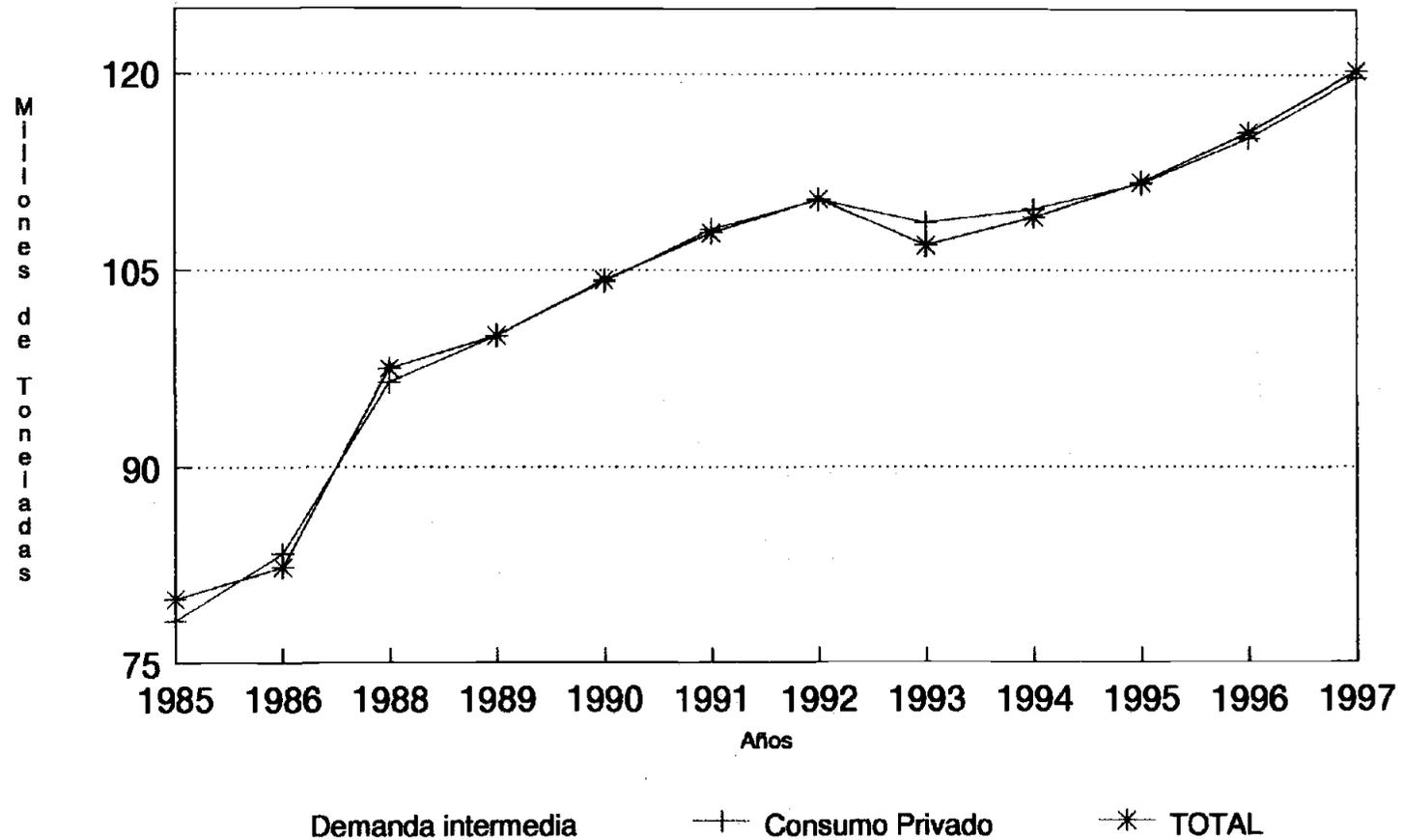


Grafico 3

EMISION DE CO2 POR GAS NATURAL

(Evolución 1989 = 100)

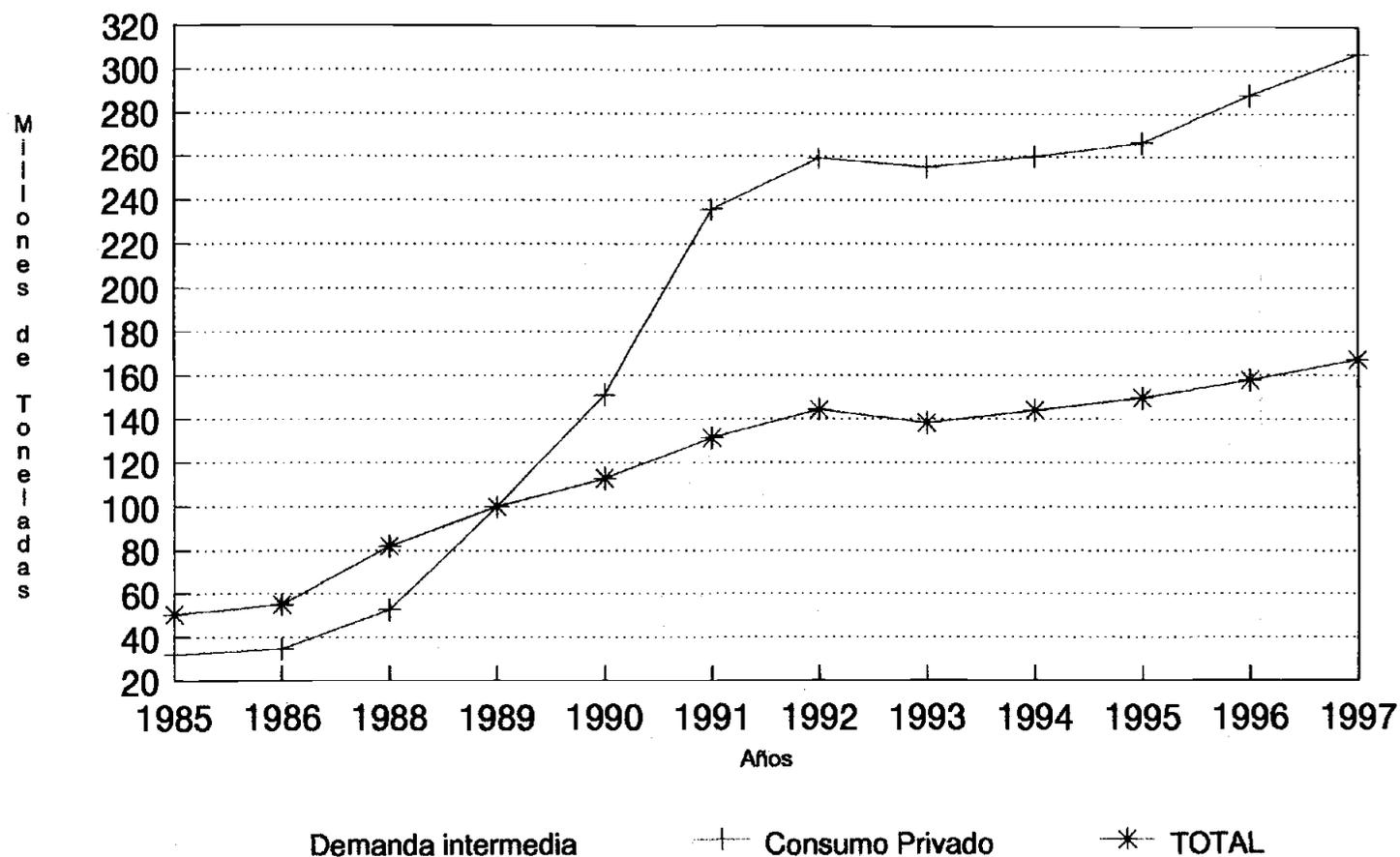


Grafico 4

EMISION DE CO2 POR GAS MANUFACTURADO

(Evolución 1989 = 100)

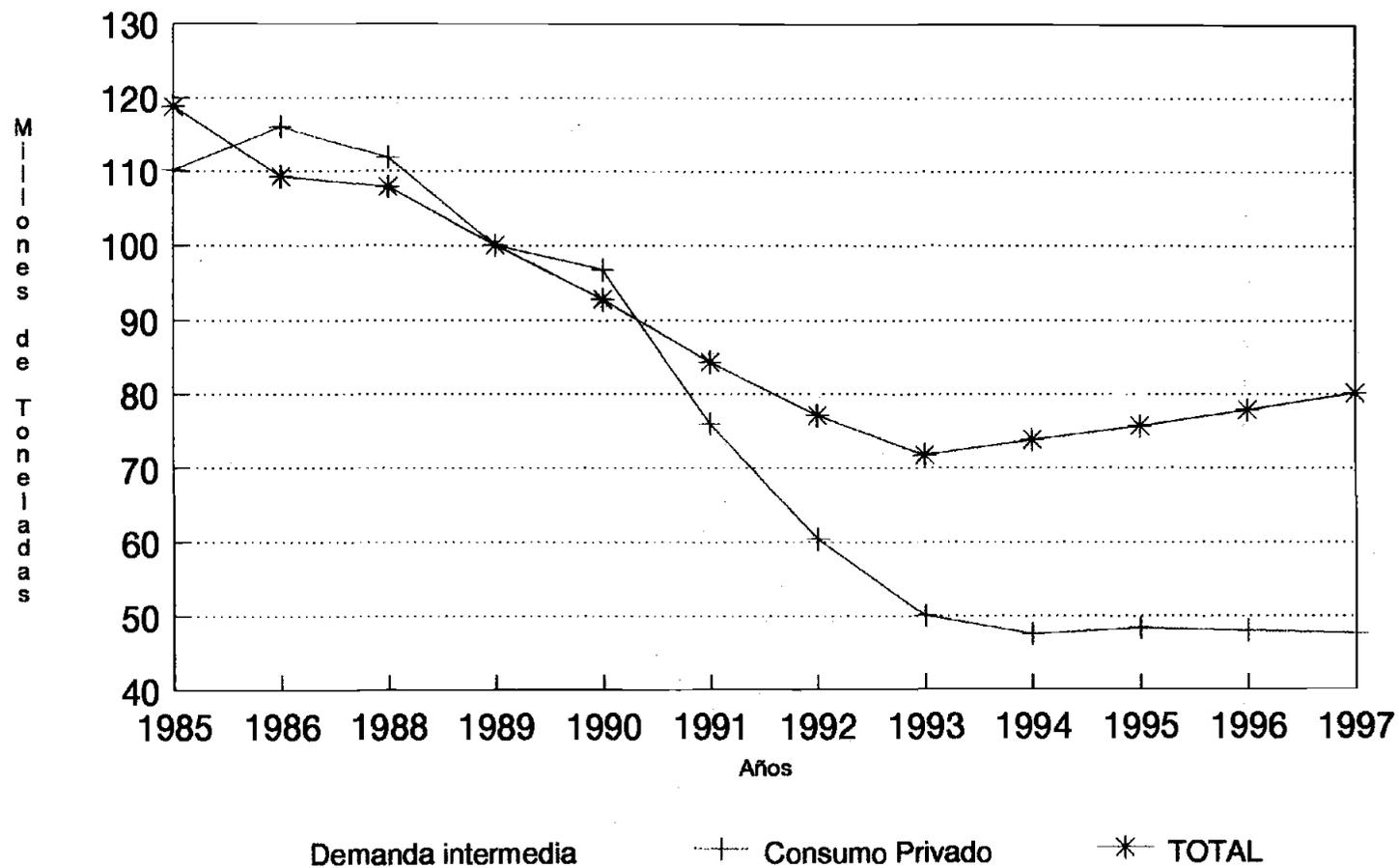
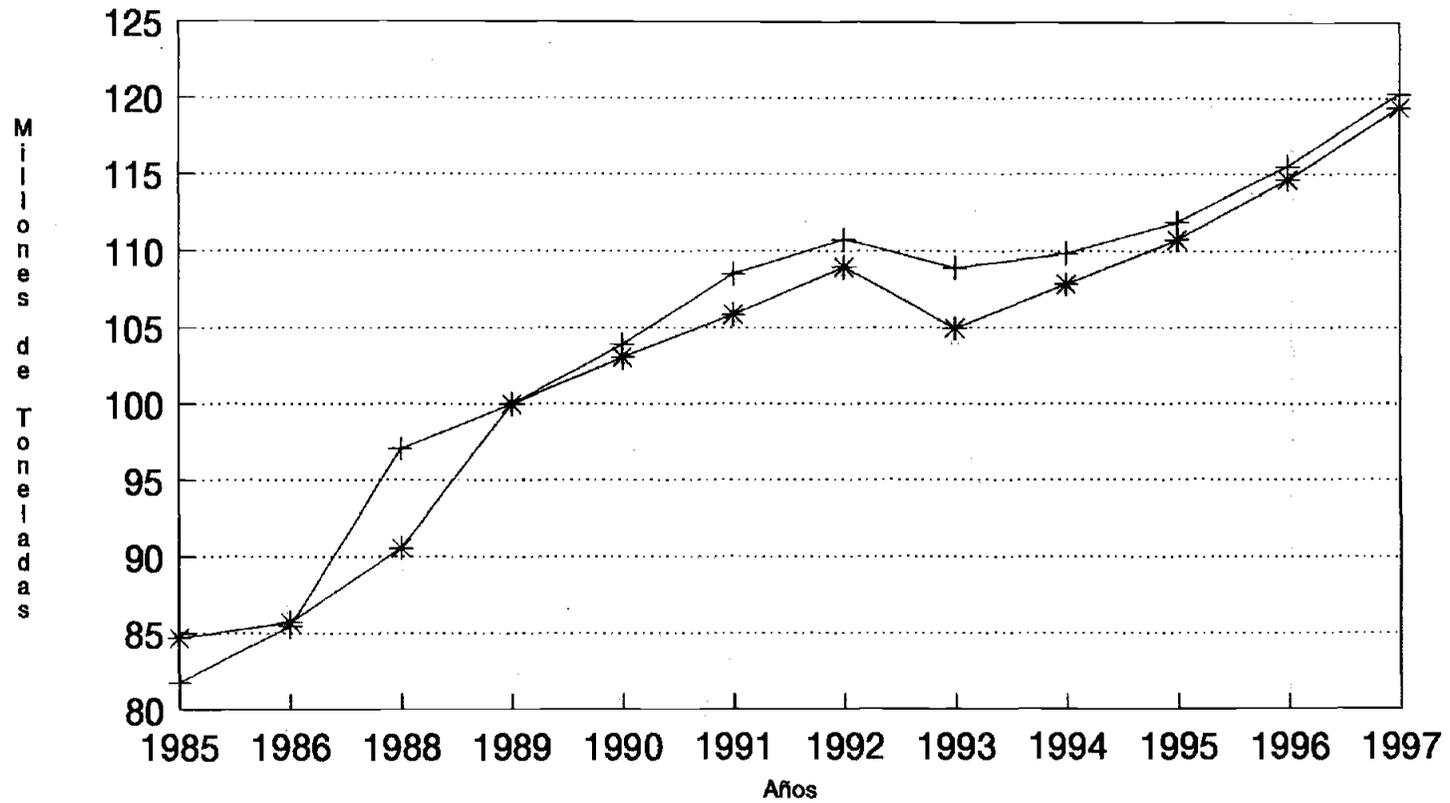


Grafico 5

EMISION TOTAL DE CO2

(Evolución 1989 = 100)



Demanda intermedia

+ Consumo Privado

* TOTAL

Grafico 6

BIBLIOGRAFÍA

"La emisión de CO₂ y su problemática comunitaria. Un método de estimación general - Antón, V., Bustos, A., Manzanedo, L., Sierra, V. - Documento de Trabajo SGPS-D-92007. Dirección General de Planificación. Ministerio de Economía y Hacienda.

"Una estimación del impacto en precios debido a la implantación del impuesto CO₂/energía en España." - Vicente Antón y Andrés de Bustos - Economía Industrial nº290.

"THE CLIMATE CHALLENGE. Economic Aspects of the Community's Strategy for Limiting CO₂ Emissions" - Commission of the European Communities. Draft 234-92 II/167/92-EN.

"Tabla Input-Output de la Energía de España 1985" - INE

"Méthodologie communautaire des Tableaux Entrées-Sorties de l'Energie" - EUROSTAT.

"Contabilidad Nacional de España. Base 1986. Serie Contable 1987-1992 y TIO 1989" - INE.

"Impact of a Package of EC Measures to Control CO₂ Emissions on European Industry" - DRI Report to the Commission of the European Communities - January 1992.

"The Economic Consequences of the Proposed Energy/Carbon Tax" - DRI Report to the Commission of the European Communities. February 1993.